



SAVONIA

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
LUONNONTIETEIDEN ALA

SELVITYS SÄHKÖVERKKO- YHTIÖN RAPORTOINTI- JA ANALYSOINTITARPEISTA

TEKIJÄ/T: Toni Haatainen

Koulutusala Luonnontieteiden ala	
Koulutusohjelma Tietojenkäsittelyn koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Toni Haatainen	
Työn nimi Selvitys sähköverkkoyhtiön raportointi- ja analysointitarpeista	
Päiväys 28.10.2013	Sivumäärä/Liitteet 33
Ohjaaja(t) Marja-Riitta Kivi ja Harri Smolander	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Enfo Zender Oy	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää sähköverkkoyhtiön raportointi- ja analysointitarpeita etäluettavilta mittalaitteilta saatuja mittaustietoja hyödyntäen sekä tuoda esille erilaisia raportoinnin kohteita ja kuinka saatavilla olevaa mittaustietoa voidaan hyödyntää nyt ja tulevaisuudessa. Opinnäytetyössä käsitellään sähköverkkoyhtiön toimintoja, sähkömarkkinalakia ja sen vaikutusta sähköverkkoyhtiön toimintaan. Opinnäytetyössä on pyritty esittämään asiat yksinkertaisina tarpeina ilman sähkötekniistä osaamisen vaatimusta.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksista käy ilmi, että sähköverkkoyhtiöllä on jatkuva tarve kehittää raportointia ja saatavilla olevan tiedon analysointia. Raportoinnin ja analysoinnin kehittämällä sähköverkkoyhtiöt voivat tehostaa toimintaansa, saavuttaa taloudellista hyötyä ja parantaa sähköverkkojensa luotettavuutta. Opinnäytetyössä on ehdotettu kehityksen kohteeksi etäluettavan mittaustiedon tarkempaa hyödyntämistä tulevaisuudessa. Työ tehtiin hyödyntäen muun muassa Energiamarkkinaviraston antamia mittaussuosituksia ja sähkömarkkinalakia.</p>	
<p>Avainsanat</p> <p>Etäluenta, etäluettavat mittaustiedot, sähkömarkkinalaki, tuntimittaus, häviösähkö, mittaustiedon raportointi, mittaustiedon analysointi</p>	

Field of Study Natural Sciences			
Degree Programme Degree Programme in Information Technology			
Author(s) Toni Haatainen			
Title of Thesis Analysis of the electricity distribution company reporting and analysis needs			
Date	28.10.2013	Pages/Appendices	33/0
Supervisor(s) Marja-Riitta Kivi and Harri Smolander			
Client Organisation /Partners Enfo Zender LLC			
<p>Abstract</p> <p>The objective of this study was to discover the reporting and analysis needs of an electricity distribution company utilizing the measured data acquired from remotely read measuring devices and also to bring out different areas of reporting and how to utilize the measured data now and in the future. This thesis addresses the functions of an electricity distributing company, the electricity Market Act and its influence on the functions of an electricity distributing company. This thesis seeks to present facts in a way that there is no need for electrical know-how.</p> <p>The results indicate that electricity distributing companies have constant need to improve the reporting and analyzing of the available data. This would allow electricity distributing companies to strengthen their operations, achieve financial benefits and improve the reliability of their grid. It is thus proposed that the utilization of the remotely read data should be developed to be more accurate. This thesis was carried out among other sources utilizing the recommendations for measuring by the Energy Market Authority and the electricity Market Act.</p>			
<p>Keywords</p> <p>Remote reading, remotely read data, electricity Market Act, hourly measurement, loss of electricity, reporting of remotely read data, analyzing of remotely read data</p>			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
2	LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT	7
3	OPINNÄYTETYÖN TAVOITE	8
4	VALTIONEUVOSTON ASETTAMA ASETUS SÄHKÖN MITTAUKSESTA	9
5	SÄHKÖNMITTAUKSEN VAATIMUKSIA JA SUOSITUKSIA	10
6	SÄHKÖVERKKOYHTIÖT JA ENERGIAMARKKINAVIRASTO	11
7	MITTAUKSESSA KÄYTETTÄVÄT JÄRJESTELMÄT	12
7.1	Etäluentajärjestelmä	12
7.2	Mittaustiedon hallintajärjestelmä	13
7.3	Asiakastieto- ja laskutusjärjestelmä	13
7.4	Online-järjestelmä asiakkaille	13
7.5	Verkkotietojärjestelmä	14
7.6	Käytöntukijärjestelmä	14
8	ETÄLUETTAVAT TIEDOT	15
8.1	Kumulatiivinen tuntisarja	15
8.2	Katkotiedot	16
8.3	Sähkönlaatutiedot	16
8.4	Siirtotuotteen mukaiset lukemat	16
8.5	Kunnonhallintatiedot	16
9	SÄHKÖMARKKINALAIN VAIKUTUKSET ETÄLUENTAAN	18
9.1	Lainsäädäntö ja suositukset	18
9.2	Sähkömarkkinoiden aukeaminen	18
9.3	Sähkömarkkinalain uudistus	19
9.4	Raportoinnin hyödyntäminen sähkömarkkinalain näkökulmasta	19
10	RAPORTOINNIN JA ANALYSOINNIN HYÖDYT SÄHKÖVERKKOYHTIÖLLE	20
10.1	Taloudellisuuslaskelmat	20
10.2	Kannattavuus	20
10.3	Häviösähkön laskennan periaate	20
10.4	Häviösähkön raportointi	21
10.5	Keskeytysraportointi	23
10.6	Sähköverkkojen suunnittelu	24

10.7	Luotettavuuslaskenta	25
10.8	Kuormitusmallien laskenta	25
10.9	Pienjänniteverkon hallinta.....	25
10.10	Johtimien maakaapelointi	26
11	MITTAUSTIEDON OIKEELLISUUDEN TARKASTUS.....	28
12	KEHITYSEHDOTUKSIA TULEVAISUUTEEN.....	29
12.1	Sähköverkon kehittämisen tarkentaminen.....	29
12.2	Sähköverkot maaseuduilla	29
12.3	Häviösähkön laskenta tunneittain.....	29
12.4	Pientuottajakohdeet tulevaisuudessa	30
13	POHDINTA.....	31

1 JOHDANTO

Sähkömarkkinat muuttuivat Suomessa täysin vuonna 1995, jolloin sähkömarkkinat avattiin. Käytännössä laki mahdollisti muun muassa sen, että jokainen sähkönkäyttäjä on voinut valita sähköntoimitajansa vapaasti. Vuonna 1995 voimaan tullut sähkömarkkinalaki on mahdollistanut myös sen, että kuka tahansa yksityinen sähkönkäyttäjä voi myydä tuottamaansa sähköenergiaa takaisin sähköverkkoon päin ja hyötyä tästä hyvityksenä sähkölaskussa. Nykyään on olemassa niin sanottuja pientuotajakohteita eli sähköä verkkoon päin myyviä yksityisiä henkilöitä. Sähkömarkkinalain muutoksella on pyritty terveen kilpailun edellytysten takaamisen lisäksi myös parantamaan energiatehokkuutta ja tuomaan vastuita enemmän verkkoyhtiöille. (Sähkömarkkinoiden avaaminen, 2011)

Laki on tarkentunut vuosien saatossa ja tätä nykyä se muun muassa edellyttää sähköverkkoyhtiön toimittamaan tiettyjä verkkoyhtiön toimintaa kuvaavia tunnuslukuja Energiamarkkinavirastolle. Tämän lain jatkoseurauksena on Valtioneuvosto säätänyt 5.2.2009 asetuksen, joka velvoittaa sähköverkkoyhtiöt ottamaan käyttöön etäluettavat tuntikulutuksen mittaavat sähkömittarit. Sama asetus velvoittaa, että 80 % verkonhaltijan kaikista käyttöpaikoista tulee olla tuntimittauksen piirissä vuoden 2013 loppuun mennessä. Tästä asetuksesta johtuen sähköverkkoyhtiöt ovat jo tovin aikaa vaihtaneet käyttöpaikoille etäluettavia mittalaitteita. (Työ- ja elinkeinoministeriö, 2013)

Vaikka sähköverkkoyhtiöt ovat jo vuosia vaihtaneet mittalaitteita etäluettaviin malleihin, niin näiltä uudenaikaisilta etäluettavilta mittalaitteilta saatavaa mittaustietoa ei vielä hyödynnetä täysimääräisesti. Mittalaitteet ovat ajan saatossa kehittyneet teknisesti nykyaikaisemmiksi ja tarjoavat tällä hetkellä todella paljon tietoa erilaiseen raportointiin ja tiedon analysointiin, jonka avulla voidaan kehittää ja tehostaa sähköverkkoyhtiön toimintoja. Juuri tätä tietoa verkkoyhtiöt haluavat analysoida ja saavuttaa sitä kautta taloudellista hyötyä sekä tehostaa toimintaansa.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tehdä selvitys sähköverkkoyhtiöiden analysointi- ja raportointitarpeista. Työssä keskitytään etäluettavilta mittalaitteelta saatavan mittaustiedon hyödyntämiseen. Työ tehdään selvitystyönä Enfo Zender Oy:lle ja se on rajattu koskemaan sähköverkkoyhtiölle toimitettua mittaustietoa sekä siitä saatavaa hyötyä. Työn ohjaajana Enfo Zender Oy:llä toimii Senior Specialist, DI Harri Smolander ja Savonialta ohjaajana toimii tietojenkäsittelyn lehtori, FL Marja-Riitta Kivi. Opinnäytetyön aihepiiriä koskien on tehty paljon muuta Enfo Zender Oy:n sisäistä kehitystyötä, joka ei suoranaisesti näy opinnäytetyön teksteissä. Aihepiiri on niin laaja, että opinnäytetyö on osa isompaa kokonaisuutta. Tämän kokonaisuuden hahmottamisen vuoksi taustalle on tehty merkittävä työmäärä ennen kuin opinnäytetyön tekeminen oli edes mahdollista.

2 LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT

AMM = Automated Meter Management. Kehittynyt, nykyaikainen mittarointipalvelu.

Häviösähkö = Mittaamaton verkkoon syötetty sähkö.

Tariffi = Asiakkaalta laskutettava sähköhinnasto.

Käyttöpaikka = Sähkön kulutuksen mittauspaiikka.

kV = Kilovoltti (1kV = 1000 Volttia).

Wh = Wattitunti.

kWh = Kilowattitunti (1 kWh = 1000 Wh).

MW = Megawatti (1 MW = 1000 kW)

GWh = Gigawattitunti (1 GWh = 1000 kWh).

EMV = Energiamarkkinavirasto.

Laskutuslukema = Tuotteen mukaisen laskutusperiodin lukema.

Tuntilukema = Mittalaitteen mittaama ja rekisteröimä kumulatiivinen lukema kullekin tasatunnille.

Tuntilukeman status = Kertoo, onko tuntilukema validi tieto.

Tuntiteho = Kunkin tunnin keskituntiteho. Lasketaan kahden peräkkäisen tuntilukeman erotuksena.

Tuntitieto = Yleistermi, jolla tarkoitetaan tuntitehoa tai tuntilukemaa.

Kumulatiivinen lukema = Mitatun suureen jatkuvasti kasvava arvo.

Tuntimittaustilaiteisto = Mittauslaitteisto, joka mittaa ja rekisteröi laitteiston muistiin sähkön kulutuksen tai verkkoon syötön tunneittain ja jonka rekisteröimä tieto voidaan lukea laitteiston muistista tiedonsiirtoverkon välityksellä.

Loisteho = Ei työtä tekevää sähköä. Sen siirtäminen kuormittaa siirtojohtoja. Loistehoa kompensoidaan sähköverkoissa kondensaattoreilla.

Pätöteho = Pätöteho on varsinainen työtä tekevä teho eli todellinen teho.

Kondensaattori = Keskeisin ominaisuus varastoida energiaa sisällä olevaan sähkökenttään. Käytetään muun muassa kompensoimaan loistehoa sähköverkoissa.

Käyttövarmuus = Tarkasteltavan kohteen kyky suorittaa vaadittu toiminto vaaditulla ajanhetkellä tai aikavälillä tietyissä olosuhteissa.

Kytkeäaika = Aika, joka tarvitaan vioittuneen komponentin erottamiseksi järjestelmästä vian syntymisen jälkeen sekä kytkettävissä ja kunnossa olevan verkon palauttamiseksi jakelun piiriin.

Korjausaika = Aika, joka kuluu vikaantumisesta siihen, kun vioittunut komponentti otetaan takaisin käyttöön vian syntymisen jälkeen.

Vikataajuus = Ilmaisee, montako vikaa ajanjakson alussa toimivassa laitteessa keskimäärin esiintyy ajanjakson aikana.

3 OPINNÄYTETYÖN TAVOITE

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää etäluettavilta mittalaitteilta saatavan mittaustiedon analysoinnin ja raportoinnin nykytilaa sekä kuinka mittaustietoa voidaan hyödyntää sähköverkkoyhtiön toiminnoissa.

Sähköverkkoyhtiöt haluavat tietää esimerkiksi sen, kuinka paljon sähköverkossa on siirrettyä sähköenergiaa ja kuinka paljon siirretystä sähköenergiasta kuluu häviösähkönä. Mittalaitteen rikkoutuessa sähköverkkoyhtiö ei tiedä loppuasiakkaalle siirrettyä sähköenergian määrää. Mikäli sähkö ei kulje loppuasiakkaalle tai mittalaite ei rekisteröi sähkönkäyttöä, niin sähköverkkoyhtiö ei saa toimitetusta sähköstä tuloja. Sähköverkoista saatavan raportoinnin ja analysoinnin avulla voidaan tieto rikkoutuneesta mittalaitteesta toimittaa sähköverkkoyhtiölle ja näin voidaan reagoida sähkönhukkaan nopeasti ja hyötyä raportoinnista taloudellisesti merkittävillä summilla. Sähköverkkojen muuttuessa älykkäämmiksi etäluettavien mittalaitteiden yleistyessä, on sähköverkosta saatavilla jatkuvasti enemmän ja tarkempaa mittausdataa. Mittausdatan kasvava määrä mahdollistaa monipuolisemman ja tarkemman raportoinnin ja analysoinnin. Opinnäytetyössä tavoitteena on selvittää esimerkiksi häviösähkön raportointia ja kuinka se vaikuttaa sähköverkkoyhtiön tarpeisiin.

4 VALTIONEUVOSTON ASETTAMA ASETUS SÄHKÖN MITTAUKSESTA

”Valtioneuvoston yleisistunnossa 5.2.2009 säädettiin asetus sähkömarkkinoista, sähkötoimitusten selvityksestä ja mittauksesta”, kirjoitetaan Työ- ja elinkeinoministeriön verkkosivuilla. Asetuksen mukaan koko Suomessa otetaan käyttöön etäluettavat tuntikulutuksen mittaavat sähkömittarit. Asetus on tullut voimaan 1.3.2009. Sama asetus velvoittaa, että 80 % kaikista verkonhaltijan käyttöpaikoista tulee olla tuntimittauksen piirissä vuoden 2013 loppuun mennessä. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2013)

Uudet säädökset velvoittavat sähköverkon haltijat toimittamaan asiakkailleen tuntikohtaiset sähkömittarilukemat ilman erillisiä lisäkustannuksia. Kotitalouksissa voidaan seurata omaa sähkönkulutusta jopa reaaliajassa. Tämän tyyppisillä mittareilla pyritään säästämään sähköä ja ennen kaikkea luopumaan arviolaskutuksesta ja siirtymään todelliseen kulutukseen perustuvaan laskutukseen. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2013)

5 SÄHKÖNMITTAUKSEN VAATIMUKSIA JA SUOSITUKSIA

Tuntimittaukselle on asetettu vaatimuksia sekä suosituksia Energiateollisuuden julkaisemassa materiaalissa (Rissanen, M. Mustaparta, J. Pirttimäki, J. Roiha, J. Ruottinen, J. Ruottinen, S. Seppälä, J. Sievi, A. Heinimäki, R. Lehtomäki, E. 2010). Ohjeistus koskee mittaustietoa ja tuntimittauslaitteistoa.

- Mittauslaitteiston rekisteröimä tieto tulee voida lukea laitteiston muistista tiedonsiirtoverkon kautta (etäluentaominaisuus).
- Mittauslaitteiston tulee rekisteröidä yli kolmen minuutin pituisen jännitteettömän ajan alkamis- ja päättymisajankohdat.
- Mittauslaitteiston tulee kyetä vastaanottamaan tietoverkon välityksellä lähetettäviä kuormanohjauskomentoja ja siinä tulee olla vähintään yksi kuormanohjaukseen käytettävissä oleva ohjauslaite, jota ei saa varata muuhun käyttöön.
- Mittaustieto sekä jännitteetöntä aikaa koskeva tieto tulee tallentaa verkonhaltijan mittaustietoa käsittelevään tietojärjestelmään, jossa tuntikohtainen mittaustieto tulee säilyttää vähintään kuusi vuotta ja jännitteetöntä aikaa koskeva tieto vähintään kaksi vuotta.
- Mittauslaitteiston ja verkonhaltijan mittaustietoa käsittelevän tietojärjestelmän tietosuojan tulee olla asianmukaisesti varmistettu.
- Lisäksi verkonhaltijan tulee asiakkaansa erillisestä tilauksesta tarjota tämän käyttöön tuntimittauslaitteisto, jossa on standardoitu liitäntä reaaliaikaista sähkönkulutuksen seuranta varten.

6 SÄHKÖVERKKOYHTIÖT JA ENERGIAMARKKINAVIRASTO

Sähköverkkoyhtiö on vastuussa lainsäädännön edellyttämän mittauksen järjestämisestä, mittaustietojen lukemisesta, oikeellisuudesta, välittämisestä ja raportoinnista. Sähköverkkoyhtiö voi hoitaa nämä tehtävät itsenäisesti tai ostaa ne palveluina. Edellisten vastuiden lisäksi sähköverkkoyhtiö on vastuussa mittaustietoihin liittyvästä tietosuojasta (Rissanen, M. Mustaparta, J. Pirttimäki, J. Roiha, J. Ruottinen, J. Ruottinen, S. Seppälä, J. Sievi, A. Heinimäki, R. Lehtomäki, E. 2010).

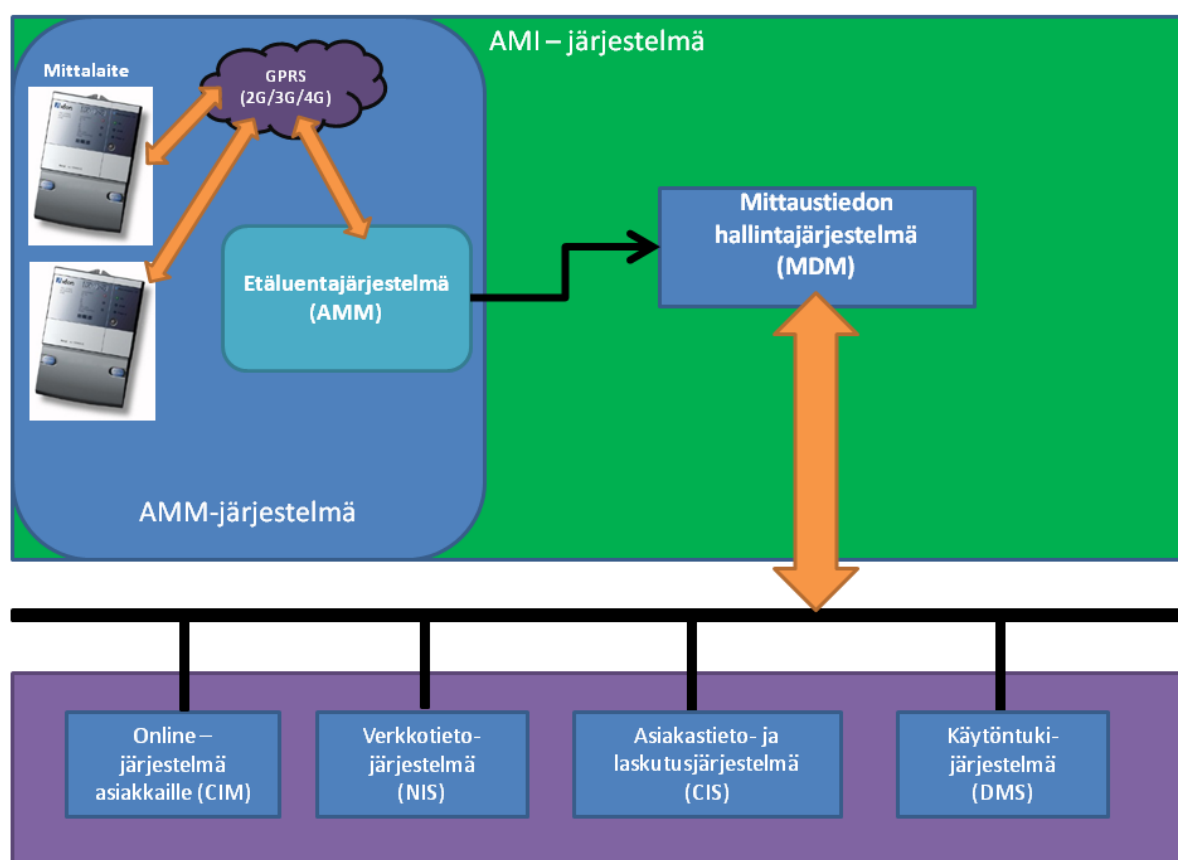
Energiamarkkinavirasto on suomalainen Työ- ja elinkeinoministeriön hallinnonalaan kuuluva virasto. Sen tehtävä on valvoa ja edistää sähkö- ja maakaasumarkkinoiden toimintaa sekä tukea ilmastotoimittajien saavuttamista. Energiamarkkinavirasto toteuttaa valvontatehtävänsä yhteistyössä työ- ja elinkeinoministeriön, Kilpailuviraston ja eräiden muiden viranomaisten kanssa. (Energiamarkkinavirasto, 2011)

Kaikki Suomen sähköverkkoyhtiöt ovat vaihtamassa tai jo vaihtaneet sähkönmittauksen etäluentaan. Sähköverkkoyhtiöille haetaan etäluennan kautta säästöjä sekä sähköverkon päivittämistä kohti nykyaisista älykässtä sähköverkko. Etäluettavilta mittalaitteilta saadun mittaustiedon avulla myös sähkön loppukäyttäjät rohkaistaan seuraamaan sähkönkulutustaan ja säästämään sitä kautta sähköenergiaa.

Energiamarkkinavirasto on määrännyt sähkömarkkinalain nojalla, että jakeluverkonhaltijan tulee toimittaa Energiamarkkinavirastolle 1.1.2013 alkaen verkonhaltijaa koskevia tunnuslukuja tai tiedot tunnuslukujen laskemista varten. Näitä tunnuslukuja ovat muun muassa tässä opinnäytetyössäkin kerrottu sähköenergian siirretty määrä loppukäyttäjille sekä sähkön jakeluverkon laatua kuvaavat keskeytysmäärät ja -ajat. Nämä ovat tärkeimpiä asioita sähköverkkoyhtiölle, joka haluaa toimittaa sähköä loppukäyttäjälle keskeytyksettä. (Energiamarkkinavirasto, 2011)

7 MITTAUKSESSA KÄYTETTÄVÄT JÄRJESTELMÄT

Etäluettavan tiedon kulku alkaa etäluettavalta mittalaitteelta, josta tieto siirtyy 2G/3G-verkon ja AMI-järjestelmän kautta verkkoyhtiön operatiivisiin järjestelmiin (kuva 1). Etäluettu tieto saapuu etäluentajärjestelmään, josta se siirtyy mittaustiedon hallintajärjestelmään. Mittaustiedon hallintajärjestelmästä mittaustiedot toimitetaan hyötykäyttöön sähkönkäyttäjän kulutuksen mukaista laskutusta varten asiakastieto- ja laskutusjärjestelmään. Verkkoyhtiön järjestelmissä on myös online-järjestelmä, johon loppuasiakkailla on pääsy internetin kautta. Online-järjestelmästä loppuasiakas voi seurata omaa sähkön kulutustaan.



Kuva 1. Mittalaitteelta saatu mittaustieto kulkee järjestelmästä toiseen aina asiakkaan nähtäväksi saakka.

7.1 Etäluentajärjestelmä

Etäluentajärjestelmän varsinainen tehtävä on suorittaa etäluenta. Etäluentajärjestelmällä tehdään myös mittaustietojen toimittaminen eteenpäin mittaustiedon hallintajärjestelmään. Etäluentajärjestelmän suorittama etäluenta ei saa esimerkiksi hävittää tai muuttaa etäluettavalta mittalaitteelta saatavia tapahtuma- tai mittaustietoja. (Rissanen, M. Mustaparta, J. Pirttimäki, J. Roiha, J. Ruottinen, J. Ruottinen, S. Seppälä, J. Sievi, A. Heinimäki, R. Lehtomäki, E. 2010, 27-28)

7.2 Mittaustiedon hallintajärjestelmä

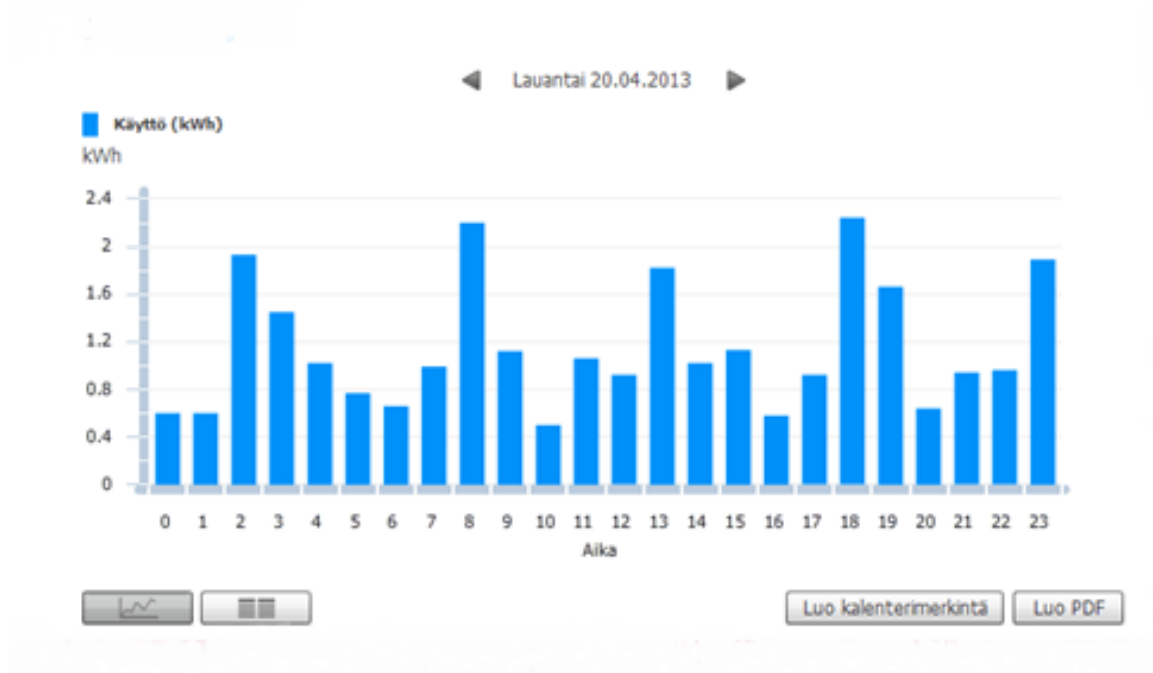
Mittaustiedon hallintajärjestelmä on virallinen tallennuspaikka mittaustiedoille, joita etäluettavilta mittalaitteilta saadaan. Sieltä siirretään muun muassa kulutustiedot asiakastieto - ja laskutusjärjestelmään sekä online-järjestelmään loppuasiakkaiden saataville. Mittaustiedon hallintajärjestelmällä voidaan myös suorittaa keskiteholaskelmia tai sitä voidaan hyödyntää viankorjauksessa. (Rissanen, M. Mustaparta, J. Pirttimäki, J. Roiha, J. Ruottinen, J. Ruottinen, S. Seppälä, J. Sievi, A. Heinimäki, R. Lehtomäki, E. 2010, 29)

7.3 Asiakastieto- ja laskutusjärjestelmä

Asiakastieto- ja laskutusjärjestelmässä hoidetaan asiakastiedon ja laskutustiedon yhdistäminen. Asiakkaan käyttöpaikalla käytetty sähköenergian määrä ja sähkönsiirrosta muodostuvat kustannukset laskutetaan loppuasiakkaalta. (Smolander, 2012-08-16)

7.4 Online-järjestelmä asiakkaille

Sähköverkonhaltijan vastuisiin kuuluu toimittaa mittaustieto asiakkaan saataville. Sähköä käyttävät loppuasiakkaat ovat siis oikeutettuja seuraamaan omaa sähkönkulutustaan esimerkiksi internetin kautta. Asiakkaat voivat seurata kulutustaan vuosittain, kuukausittain, päivittäin ja jopa vuorokauden ajalta tunneittain (kuva 2). Järjestelmästä voi verrata omaa kulutustaan esimerkiksi samana aikana vallinneeseen ulkolämpötilaan. Näin voi esimerkiksi havainnoida miten kylmät talvipakkaset vaikuttavat sähkönkulutukseen. (Rissanen, M. Mustaparta, J. Pirttimäki, J. Roiha, J. Ruottinen, J. Ruottinen, S. Seppälä, J. Sievi, A. Heinimäki, R. Lehtomäki, E. 2010, 11)



Kuva 2. Esimerkki kulutustiedoista tunnin tarkkuudella vuorokauden ajalta.

7.5 Verkkotietojärjestelmä

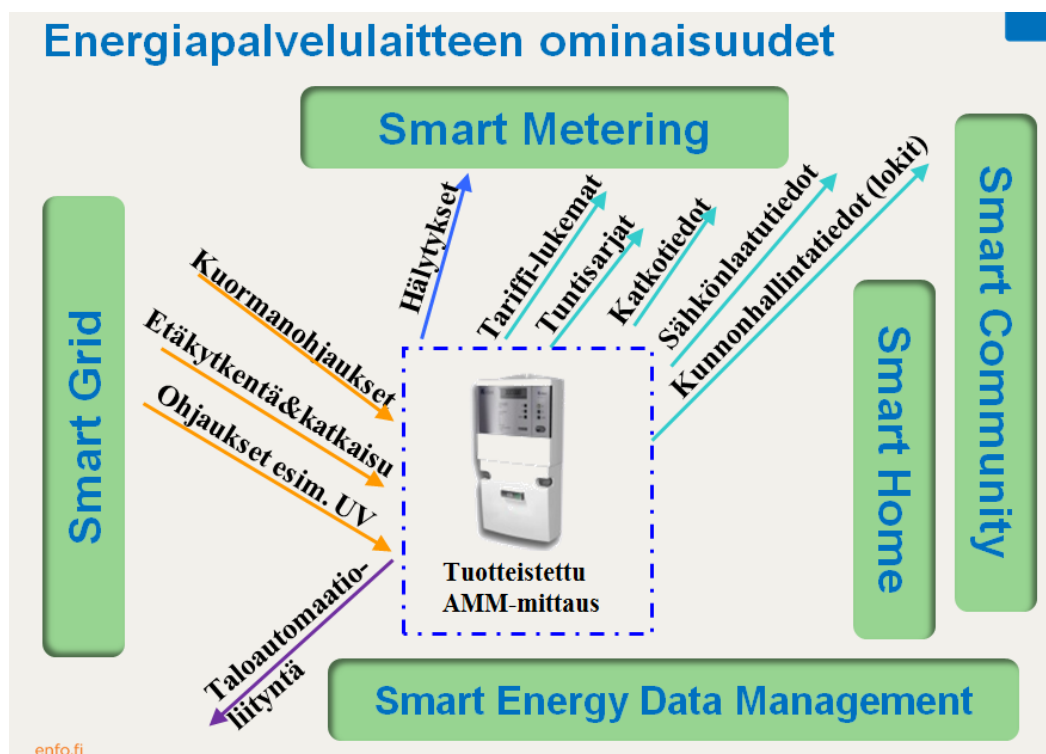
Verkkotietojärjestelmä on graafinen tietokantaperusteinen järjestelmä, josta nähdään karttapohjaisesta käyttöliittymästä kohteiden ominaisuustietoja. Verkkotietojärjestelmässä yhdistyvät sähköverkon topologiatiedot ja laskutustiedot. Verkkotietojärjestelmästä saadaan tietoa esimerkiksi nykyisistä ja suunnitelluista sähköverkoista sekä raporttitietoja sähköverkkojen komponenttimääristä. Verkkotietojärjestelmä on yhteydessä kuvassa 1 olevaan asiakastieto- ja laskutusjärjestelmään (CIS) sekä käytöntukijärjestelmään (DMS). (Lakervi ja Partanen, 2008, 265-268)

7.6 Käytöntukijärjestelmä

Käytöntukijärjestelmä on älykäs ohjelmistokokonaisuus, joka on yhteydessä sähköverkkoyhtiön eri tietojärjestelmiin. Käytöntukijärjestelmää käytetään muun muassa paikantamaan keskijänniteverkon oikosulkuvikoja tai esimerkiksi häiriöilmoitusten käsittelyyn automaattisen puhelinvastaajan avulla. Käytöntukijärjestelmä on yhteydessä verkkotietojärjestelmään (NIS), asiakastieto- ja laskutusjärjestelmään sekä karttatietojärjestelmään. Karttatietojärjestelmää ei kuvata tässä opinnäytetyössä erikseen. (Lakervi ja Partanen, 2008, 236-244)

8 ETÄLUETTAVAT TIEDOT

Etäluettavalla tiedolla tarkoitetaan mittalaitteelta saatavaa tunneittain mitattua kulutuslukemaa eli tuntisarjaa, siirtotuotteen mukaisia lukemia, sähkönlaatusietoa, keskeytystietoa, kunnonhallintatietoa ja hälytystietoa (kuva 3).



Kuva 3. Kuvassa on esitelty etäluettavalta mittalaitteelta saatavaa mittaustietoa. (Smolander, 2012-08-16)

8.1 Kumulatiivinen tuntisarja

Loppuasiakkaan tunnin aikana kuluttama sähkömäärä näkyy esimerkiksi mittalaitteen mittaamalla kumulatiivisella tuntisarjarekisterillä seuraavasti:

15.3.2013 0:00	7770,68	0	000000 APlus 60 min ES1
15.3.2013 1:00	7777,62	0	000000 APlus 60 min ES1

Yllä olevan kumulatiivisen tuntisarjan esimerkin mukaan asiakas on käyttänyt sähköä 6,94 kilowattia aikavälillä 15.3.2013 klo 00:00-01:00. Tätä kutsutaan keskitehoksi, eli asiakkaan tunnin aikana kuluttamaa sähköenergian määrää. Kaikki mittalaitteet eivät mittaa sähköenergian käytön määrää kumulatiivisena tuntisarjana. Valmistajasta riippuen jotkin mittalaitteet mittaavat suoraan keskiteho-tuntisarjaa.

Tuntisarjaa käytetään muun muassa vikatilanteiden selvittämiseen, verkkoyhtiölle lähetettävänä mittaustietona ja kulutuskäyttäytymisten seurantaan. Tuntisarjasta näkee helposti myös sen, milloin

asiakas on käyttänyt paljon sähköä. Tällöin puhutaan keskituntitehosta, jossa tietyn tunnin kulutus-tiedosta vähennetään edeltävän tunnin kulutustieto. Näin pidempään mitatusta tuntisarjasta voidaan muodostaa keskituntitehokuvaaja, joka havainnollistaa asiakkaan kuluttamaa energiaa tunneittain. Tuntisarjaa käytetään muun muassa loppuasiakkaan laskuttamiseen.

8.2 Katkotiedot

Etäluettavalta mittalaitteelta on saatavissa katkotietoja. Katkotiedolla tarkoitetaan katkoa sähkön-toimituksessa asiakkaalle. Mittalaitteen tulee rekisteröidä Tuntimittaussuosituksen mukaisesti kaikki sähkökatkot, jotka kestävät yli kolme minuuttia. Näitä katkotietoja voidaan hyödyntää esimerkiksi selvittäessä sähkötoimituksen katkojen pituuksia ja katkoista aiheutuvia haittoja. (Rissanen, M. Mustaparta, J. Pirttimäki, J. Roiha, J. Ruottinen, J. Ruottinen, S. Seppälä, J. Sievi, A. Heinimäki, R. Lehtomäki, E. 2010, 23.)

8.3 Sähkönlaatutiedot

SFS-EN 50160-standardin mukaan sähkönlaatutiedoilla tarkoitetaan yleisesti ottaen jännite- ja virta-vaihteluita sekä sähkön taajuuden vaihtelua. Etäluettavilta mittalaitteilta on saatavissa tietoja koski-en jännitteitä ja virtaa jokaiselta mitatulta vaiheelta mittalaittevalmistajasta riippuen. Sähkönlaatutie-tojen mittaaminen mittalaitteelta on kuitenkin valmistajakohtaista. Kaikki etäluettavat mittalaitteet eivät siis mittaa sähkönlaatutietoja. (Järventausta, Pertti. Mäkinen, Antti. Nikander, Ari. Kivikko, Kimmo. Partanen, Jarmo. Lassila, Jukka. Viljainen, Satu. Honkapuro, Samuli . 2003, 7)

8.4 Siirtotuotteen mukaiset lukemat

Mittaustietoihin kuuluvat myös siirtotuotteen mukaiset lukemat. Myös tariffi-lukemina tunnetut siirto-tuotteen mukaiset lukemat kertyvät mittalaitteen eri rekistereille siirtotuotteen aikajaotuksen mukai-sesti. Esimerkiksi kausisähkötuotteelle voidaan niin halutessa mitata loppuasiakkaan kuluttama säh-kö kahdelle erilliselle rekisterille. Kaikista järjestelmistä siirtotuotteen mukaisia lukemia ei kuitenkaan saada luettua mittalaitteelta. (Rissanen, M. Mustaparta, J. Pirttimäki, J. Roiha, J. Ruottinen, J. Ruot-tinen, S. Seppälä, J. Sievi, A. Heinimäki, R. Lehtomäki, E. 2010, 31)

8.5 Kunnonhallintatiedot

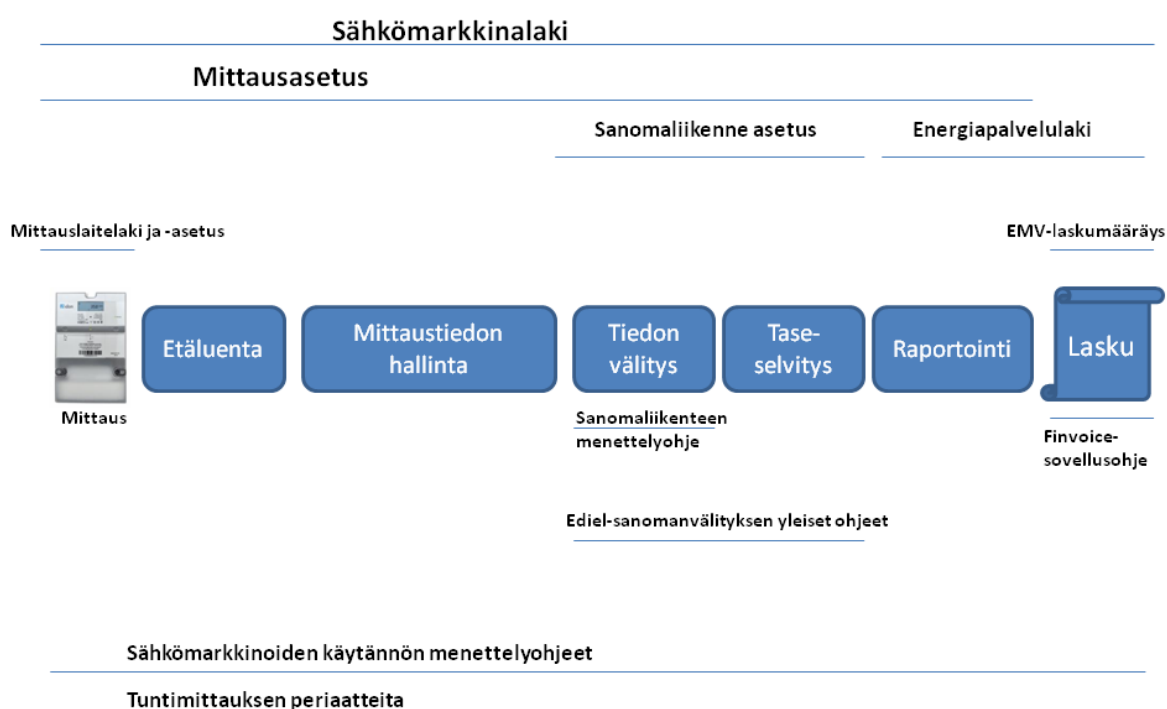
Nykyisien etäluettavien mittalaitteiden sisässä tapahtuu paljon erilaisia toimintoja ja suorituksia. Mit-talaitte kerryttää näistä tapahtumista lokitietoja, joita voidaan lukea ja tutkia etäluennan avulla. Esi-merkiksi häiriötilanteessa jossa asiakkaan tariffi ei vaihdu ollenkaan tai ei vaihdu oikeana aikana, voidaan lokista selvittää onko mittalaitteen ohjelmisto rekisteröinyt tariffimuutoksen. Näin voidaan päätellä onko mittalaitteen ohjelmistossa vikaa vai onko mahdollinen vika jossain muualla. Lokitie-doista nähdään myös toistuvat tapahtumat, kuten kellonajan päivitykset ja mittalaitteen uudelleen-käynnistykset. Lokitietojen kerryttämistä voi verrata esimerkiksi tietokoneilla olevien käyttöjärjestel-mien lokeihin, joista selviää lähes kaikki tietokoneella tapahtuvat suoritukset. Tällä tavoin mittalaitte kykenee kertomaan muutoksista ja tapahtumista lokitiedoissa. (Smolander, 2012-08-16)

Yleisesti puhutaan vahtikoira-ideasta. Tällä tarkoitetaan sitä, että kun mittalaitteen lokiin ilmaantuu informatiivista tapahtumatietoa, niin mittalaitteella oleva vahtikoira-ominaisuus ilmoittaa mahdollisesta mittalaitteviasta. Jos mittalaitteen mittaama lukematieto ei ole oikeellista jostain syystä, niin vahtikoira-ominaisuuden ansiosta tieto lähtee mittalaitteelta sähköverkkoyhtiölle. (Seppälä, 2013)

9 SÄHKÖMARKKINALAIN VAIKUTUKSET ETÄLUENTAAN

9.1 Lainsäädäntö ja suositukset

Sähkömarkkinalaki on mukana koko prosessissa alusta loppuun ja se on laki, johon koko etäluenta perustuu. Kuvasta 4 voidaan todeta, että jotkin suositukset koskevat vain tiettyä prosessin osaa. Tällainen suositus on esimerkiksi Energiateollisuuden julkaisema Tuntimittauksen periaatteita. Kuvassa 4 on havainnollistettu lakeja ja suosituksia tuntimittauksessa. Valtioneuvoston asettamasta mittausasetuksesta on kerrottu aiemmin opinnäytetyössä. Opinnäytetyössä käsitellään osaa kuvassa 4 olevista laeista ja asetuksista.



Kuva 4. Tuntimittausta käsittelevä lainsäädäntö ja suositukset. (Lehto, 2013; muokattu)

9.2 Sähkömarkkinoiden aukeaminen

Vuonna 1995 Suomessa voimaan tullut sähkömarkkinalaki avasi kotimaan sähkömarkkinat kilpailulle. Tällä sähkömarkkinalailla poistettiin kilpailemisen esteitä ja hidasteita, tehtiin mahdolliseksi kilpailu sähkön tuotannosta, myynnistä ja ulkomaan kaupasta (Sähkömarkkinalaki 386/1995).

9.3 Sähkömarkkinalain uudistus

Sähkömarkkinalakia on uudistettu 9.7.2013. Lain oleellisin osa tätä opinnäytetyötä koskien on luku 6 Jakeluverkkoa ja jakeluverkonhaltijaa koskevat säännökset. 50 momentin kohdassa kaksi sanotaan seuraavaa: "verkon toiminta ei häiriidy sähköjohtojen päälle kaatuvista tai johtokadulla kasvavista puista." Tämä lain kohta tarkoittaa käytännössä sitä, että sähköverkkoyhtiöt yhdessä maanomistajien ja Metsähallituksen kanssa joutuvat karsimaan puita sähköjohtojen ympäriltä pystyäkseen noudattamaan annettua lakia. Opinnäytetyön luvussa 10 on kerrottu maakaapeloinnista, jota sähköverkkoyhtiöt toteuttavat. Maakaapeloinnissa kaatuvien puiden tai niiden oksien aiheuttamia häiriötilanteita ei ole. Kaikkine haasteineen maakaapelointi on siis erittäin hyvä keino toimia sähkömarkkinalain mukaisesti. (Sähkömarkkinalaki 588/2013, §50).

Sähkömarkkinalaissa on myös jakeluverkon toiminnan laatuvaatimuksissa annettu asetukset, joiden mukaan asemakaava-alueella verkon käyttäjälle ei saa aiheutua yli kuusi tuntia kestäväää sähkönjakelun keskeytystä myrskyn tai lumikuorman takia. Laissa on myös kerrottu, että muualla kuin asemakaava-alueella verkon käyttäjälle ei saa aiheutua yli 36 tuntia kestäväää sähkönjakelun keskeytystä myrskyn tai lumikuorman seurauksena. (Sähkömarkkinalaki 588/2013, §51).

9.4 Raportoinnin hyödyntäminen sähkömarkkinalain näkökulmasta

Etäluettavilta mittalaitteilta saadun tiedon perusteella voidaan muodostaa raportteja, jotka kertovat graafisten kuvaajien avulla esimerkiksi sähköntoimituksessa esiintyvistä häiriöistä. Kun sähkömarkkinalaissa on annettu asetus, jonka mukaan verkon toiminta ei saa häiriytyä sähköjohtojen päälle kaatuvista puista tai johtokadulla kasvavista puista, niin kuvassa 6 näkyvä raportti on mielestäni hyvin tärkeä. Raportin avulla voidaan paikantaa häiriöaltteimmat alueet ja sähköverkkoyhtiö voi tehdä korjauksia mittalaitteilta saatavien katkotietojen perusteella tehdyistä raporteista.

Lain asettamat vaatimukset muodostavat sähköverkkoyhtiöille suuren paineen. Sähköverkkoyhtiöiden täytyy voida raportoida ja analysoida entistä tehokkaammin mittalaitteilta saatua mittaustietoa, jotta lain asettamiin vaatimuksiin voidaan vastata. Kuvan 6 kaltainen raportti on siis erittäin tärkeässä asemassa kun sähköverkon luotettavuutta parannetaan. Raporttia voidaan mielestäni tarkentaa aina pienjänniteverkkojen tasolle, jolloin sähköverkkoyhtiöllä on hyvin tarkka tieto siitä, missä verkon ongelmakohdat sijaitsevat.

10 RAPORTOINNIN JA ANALYSOINNIN HYÖDYT SÄHKÖVERKKOYHTIÖLLE

10.1 Taloudellisuuslaskelmat

Sähköverkkoyhtiön yksi tärkeimmistä tehtävistä on kyetä löytämään teknisesti ja taloudellisesti järkeviä ratkaisuja sähköverkon suunnittelussa koko verkon eliniän ajalta. Sähköverkon kustannukset voidaan jaotella investointeihin, häviökustannuksiin, keskeytyskustannuksiin ja ylläpitokustannuksiin. Ainoastaan investoinnit ovat kertaluontoisia kustannuksia, mutta muut kustannukset ovat koko sähköverkon käyttöjaksolle jaksottuvia kustannuksia. Osa verkon komponenttien eliniän aikana syntyvistä kustannuksista pysyy vakiona, mutta osa muuttuu jatkuvasti. Muuttuvaa kustannus on esimerkiksi muuntajissa tapahtuva tyhjäkäyntihäviö. Sähköverkon käyttöjaksolle verkon ja komponenttien kustannukset ovat seuraavat (Lakervi ja Partanen, 2008, 40):

- Investoinnit
 - Luonteeltaan kertakustanteisia sijoituksia sähköverkkoon.
- Häviökustannus
 - Muuttuvia kustannuksia, jotka jaksottuvat koko verkon käyttöjakson ajalle. Esimerkiksi muuntajan tyhjäkäyntihäviö.
- Keskeytyskustannus
 - Vuotuiskustannuksia, jotka jaksottuvat koko verkon käyttöjaksolle.
- Ylläpitokustannus
 - Vuotuiskustannuksia, jotka jaksottuvat koko verkon käyttöjaksolle.

10.2 Kannattavuus

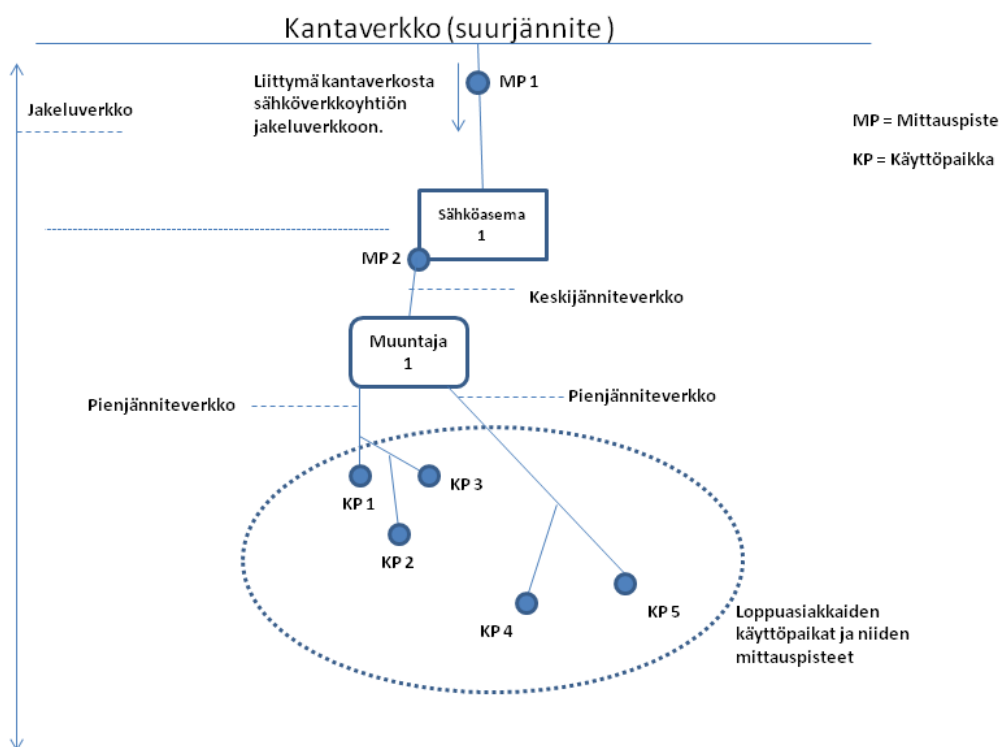
Etäluettavat mittalaitteet mahdollistavat entistä tarkemman sähkönkäytön mittauksen mikä mahdollistaa entistä tarkemman sähkönkäytön ennustamisen. Kun pystytään ennustamaan sähkönkäytön muutoksia sähköverkossa, niin voidaan ennustaa milloin sähköä kannattaa ostaa ja milloin ei. Sähkönsiirron kannattavuutta voidaan selvittää tutkimalla loppuasiakkaiden kulutuskäyttäytymistä ja häviösähkön muodostumista. Aiempien vuosien mittaustietoa voidaan hyödyntää tässä helposti. Voidaan esimerkiksi selvittää, milloin sähköä on käytetty eniten edellisenä vuonna ja tehdä päätöksiä siihen tietoon perustuen. Etäluettavilta mittalaitteilta saadun mittaustiedon avulla voidaan parantaa kannattavuutta.

10.3 Häviösähkön laskennan periaate

Häviösähkö syntyy pääosin sähköverkon johtimissa ja muuntajissa. Sähkön kuljettaminen sähköjohdoissa aiheuttaa siis virtalämpöhäviötä, jota pyritään minimoimaan. Häviösähköä on myös kaikki mittaamaton sähkö, sillä mittaamattomasta sähköstä sähköverkkoyhtiö ei voi laskuttaa loppuasiakasta.

Häviösähkön määrää voidaan laskea esimerkiksi seuraavalla tavalla (kuva 5): sähköverkkoyhtiö tietää mittaamalla, kuinka paljon yhtiön sähköasemalta syötetään sähköä kullekin keskijänniteverkossa sijaitsevalle muuntajalle. Mittaus suoritetaan etäluettavan mittalaitteen avulla tässä tapauksessa

sähköaseman mittauspisteessä. Sähköaseman muuntajalta sähköenergia siirtyy ensin keskijänniteverkkoon ja sitten jakelumuuntajan läpi pienjänniteverkkoon, jonka käyttöpaikoilla olevat mittalaitteet mittaavat käytetyn sähköenergian määrän. Pienjänniteverkon käyttöpaikoilla olevilta mittalaitteilta saadut keskitehotiedot lasketaan yhteen ja näin summaksi saadaan jakelumuuntajan alla olevan pienjänniteverkon sähkönkäyttöpaikkojen kokonaisenergiamäärä tunneittain jaoteltuna. Sama laskutoimitus tehdään useille pienjänniteverkoille, jotka sijaitsevat eri muuntopiireissä eli eri jakelumuuntajien takana. Lopuksi kaikkien sähköasemien piirissä olevien jakelumuuntajilta yhteenlaskettu kokonaisenergian kulutus vähennetään jakeluverkkoon syötetystä sähköenergian kokonaismäärästä. Tämän laskutoimituksen erotukseksi jää häviösähkön määrä. Kuvassa 5 on kuvattu sähköverkkoyhtiön verkkotopologiaa häviösähkön laskemisen selvittämiseksi. (Smolander, 2012-08-16)



Kuva 5. Sähköverkkoyhtiön omistaman verkon häviösähkö sähköaseman tasolla. (Smolander, 2012-08-16)

10.4 Häviösähkön raportointi

Sähköverkkoyhtiön laskema häviösähkön määrä on arvokasta tietoa, jota voidaan kuvata ja analysoida raporttien avulla. Tarkentuneen häviösähkölaskennan myötä verkkoyhtiöt voivat tarkemmin ennustaa häviösähkön hankinnan ja kilpailuttaa häviösähkön hankinnan vapailla sähkömarkkinoilla. Häviösähköraportit muodostavat selkeän kokonaiskuvan halutulta alueelta. Kuvassa 6 on näkymä häviösähkön raportoinnista sähköasemilta yksi, kaksi ja kolme.



Kuva 6. Häviösähkötiedosta muodostettu raportti.

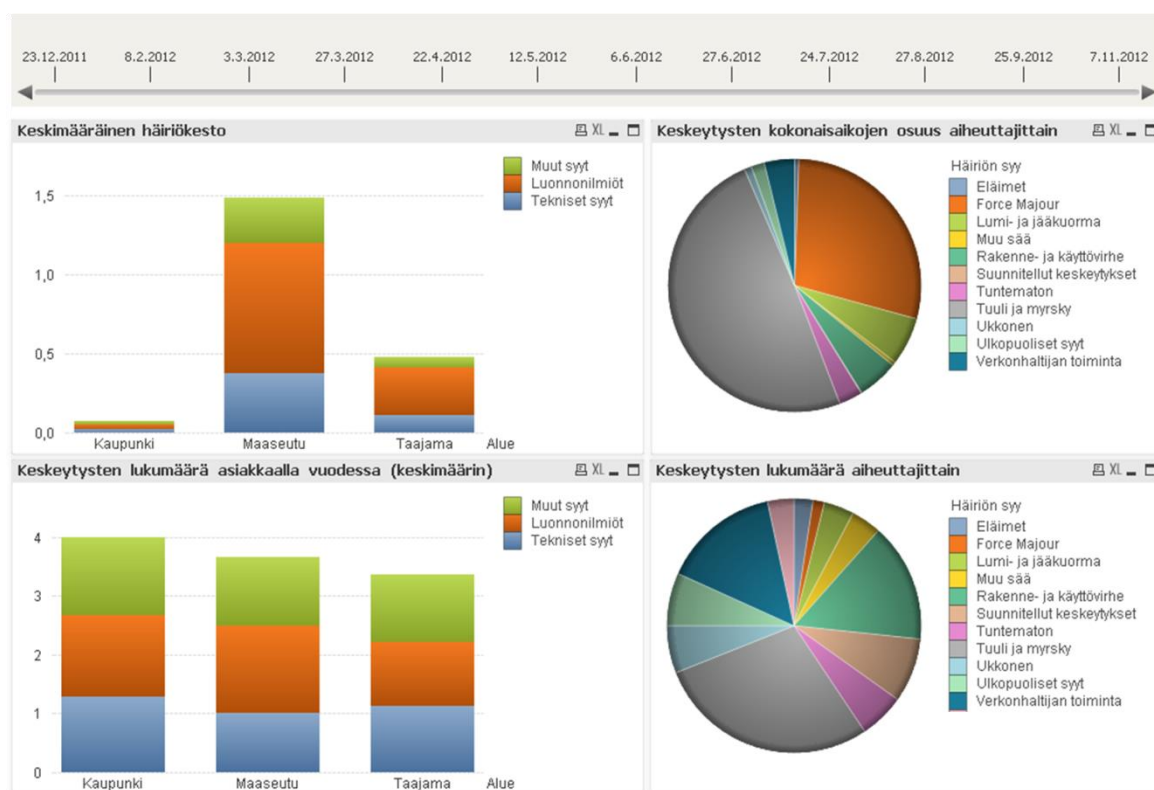
Häviösähköraporttilta on nähtävissä sähköverkkoyhtiölle tärkeää tietoa siitä, missä päin sähköverkkoa häviösähköä on eniten. Raportin mukaan sähköasemalla kaksi häviösähköä on reilusti eniten, joten sitä aluetta sähköverkkoyhtiö haluaa varmasti tutkia tarkemmin. Raportteja voidaan muodostaa pienemmiltäkin alueilta, pienimmillään pienjänniteverkon kokoiselta alueelta. Sivulla 21 kuvassa 5 häviösähkölaskenta suoritetaan jakeluverkon tasolla. Voidakseen tehdä häviösähkölaskentaa pienjänniteverkon tasolla, täytyy tarkasteltavaa aluetta hieman pienentää koko sähköverkkoa koskevasta alueesta. Tämä vaatii mittauspisteen lisäämisen pienjänniteverkon muuntajalle, jotta pienjänniteverkon siirretty häviösähkön määrä voidaan laskea.

Raportti paljastaa sähköverkossa sijaitsevia heikkoja alueita, joissa häviösähköä muodostuu paljon syystä tai toisesta. Sähköasemalle yksi ja kolme toimitetaan sähköä noin 75 % raportille syötetystä sähkön kokonaismäärästä. Tästä huolimatta sähköaseman kaksi alueella on häviösähköä arviolta yli 80 % raportilla näkyvistä alueista. Sähköaseman kaksi alueella on todennäköisesti huonolaatuinen sähköverkko, jossa häviösähkön määrä verkossa on erittäin suuri.

10.5 Keskeytysraportointi

Sähkötoimituksessa puhutaan keskeytyksestä, kun tapahtuu sähkökatko. Sähköä ei siis kyetä tällöin toimittamaan asiakkaalle asti. Syitä voi olla useita: esimerkiksi luonnonilmiöt kuten myrskyt ja kaatuvat puut tai tekninen vika sähköverkossa.

Sähkötoimituksissa esiintyviä keskeytyksiä tapahtuu väistämättä ja sähköverkkoyhtiöt haluavat raportoida ja analysoida niistä saatavaa tietoa. Etäluettavat mittalaitteet toimittavat sähkökatkoista tiedon sähköverkkoyhtiön järjestelmiin. Tuntimittaussuosituksen mukaisesti mittaussetus edellyttää, että etäluettavan mittalaitteen on rekisteröitävä yli kolmen minuutin pituiset keskeytykset. Tällöin sähköverkkoyhtiölle on mahdollista muodostaa raportteja sähkökatkoista etäluettavilta mittalaitteilta saadun tiedon perusteella. Kuvassa 7 olevassa raportissa on muodostettu kaavioita sähkötoimituksen keskeytyksistä. Raportin muodostuksessa on hyödynnetty etäluettavilta mittalaitteilta saatavia katkotietoja.



Kuva 7. Keskeytykset alueittain, keskeytysten kestot ja syyt keskeytykseen.

Kuvan 7 raportista saa hyödyllistä tietoa todella nopeasti ja tieto perustuu tarkkoihin mittauksiin. Esimerkiksi häiriöiden suurimmat aiheuttajat ovat nähtävissä suoraan. Raportin tietojen perusteella ne ovat tuulesta ja myrskystä johtuvia. Raportista saatavaa tietoa voidaan hyödyntää esimerkiksi sähköverkon suunnittelussa, sillä myrskyistä ja tuulesta johtuva keskeytys on hyvin suurella todennäköisyydellä kaatuvista puista johtuva keskeytys. Tämä raporttietä täsmää hyvin Suomen sähköverkon rakenteeseen, sillä suurin osa Suomen ilmajohtimista kulkee metsissä ja teiden varrella ja näin ollen kaatuvat puut ovat erittäin todennäköinen katkon aiheuttaja. Sama ilmiö on huomattavissa, kun raportilta tutkitaan missä häiriöt ovat keskimäärin tapahtuneet. Kaupungissa ei juurikaan ole

katkoksia, mutta maaseudulla katkoksia on moninkertainen määrä. Suurimmat syyt katkoksiin ovat raportin mukaan maaseudulla luonnonilmiöt.

Kuvan 7 kaltaisia raportteja voidaan muodostaa alueittain minkä tahansa saatavilla olevan tiedon perusteella. Keskeytykset ovat siis vain yksi tärkeä osa saatavilla olevaa tietoa, jota voidaan hyödyntää monella tapaa. Kun ajatellaan sähköntoimituksen luotettavuutta ja asiakkaalle näkyvän palvelun laadua, ovat raportointi ja niiden analysointi erittäin tärkeässä asemassa.

10.6 Sähköverkkojen suunnittelu

Mitattua tietoa voidaan käyttää hyödyksi verkostosuunnittelussa. Mittaustietohistoriasta voidaan mielestäni laskea mitattuun tuntitietoon perustuvia arvoja, joista koostetaan halutun alueen kokonaiskuormituksia. Mitattuihin arvoihin perustuva tieto on tarkkaa verrattuna aiemmin arvion perusteella laskettuihin kuormituksiin. Kun tietoa saadaan tunnin tarkkuudella jokaiselta käyttöpaikalta, voidaan jokaisen pienjänniteverkon todellinen kokonaiskuormitus laskea ja käyttää tätä tietoa esimerkiksi verkkojen kuormituksia pohdittaessa.

Sähköverkkojen suunnittelussa on tarkoitus löytää pitkällä aikajänteellä teknisesti toimiva ratkaisu. Sähköverkko voidaan suunnitella jopa kymmenien vuosien aikajänteelle. Esimerkiksi 110 kV:n johtimelle voidaan tehdä aluevaraukset taajama-alueelle jopa 20 - 30 vuotta ennen todellista rakentamisajankohtaa. (Lakervi ja Partanen 2008, 63)

Sähköverkon suunnittelu voidaan jaotella seuraavasti:

- pitkän aikavälin kehittämissuunnittelu
 - Pyritään määrittelemään pääpiirteittäin miten verkkoa tulisi kehittää pidemmällä aikavälillä. Pyritään siis selvittämään mitä suuria investointeja eri vuosina joudutaan tekemään, jotta sähköverkko täyttäisi sille asetetut vaatimukset.
- kohdesuunnittelu (verkostosuunnittelu)
 - Tavoitteena on määrittää toteutettavan investoinnin muoto. Voidaan esimerkiksi mitoittaa jakelumuuntaja ja keski- sekä pienjännitejohdot.
- maastosuunnittelu
 - Esimerkiksi avojohdon tarkan reitin määrittäminen. Tässä yhteydessä sovitaan myös maankäyttöön liittyvistä asioista maanomistajien kanssa.
- rakennesuunnittelu
 - Tässä vaiheessa mitoitetaan pylvää ja sijoitellaan ne lopullisille paikoilleen. Rakennesuunnittelusta saadaan tuloksena tarvikeluettelo tilausta ja toimittamista varten.
- työsuunnittelu
 - Sovitaan toteuttamiseen tarvittavat henkilö- ja työvälineresurssit sekä aikataulutetaan työ.

10.7 Luotettavuuslaskenta

Sähköverkkoyhtiön keskeytyskustannukset ovat oleellinen osa sähköverkon taloudellisia laskelmia. Keskeytyskustannuksia laskettaessa yritetään saada selville verkostovaihtoehtojen vaikutus sähkönkäyttäjien keskeytysaikoihin ja toimittamatta jäävän energian määrä sekä käyttää sille oikeaa yksikköhintaa. (Lakervi ja Partanen 2008, 44)

Sähköä tarvitsevat ja käyttävät kotitaloudet odottavat saavansa sähköä ilman suurempia katkoksia. Tästä huolimatta katkoksia tulee lähes väistämättä ja lyhyistäkin katkoksista voi aiheutua asiakkaalle haittaa. Tällaisten sähkön toimituskatkosten kustannusten kokonaishintaa kotitalousasiakkaalle on selvitelty muun muassa tekemällä kyselytutkimuksia eri asiakasryhmille. Kyselytutkimuksiin perustuvissa selvityksissä on huomattu, että katkoksista johtuvat keskeytyskustannukset kohoavat suuruusluokaltaan keskimäärin moninkymmenkertaisiksi toimitetun sähkön hintaan verrattuna. Näitä arvoja voidaan pitää sähköverkkojen suunnittelua tehtäessä keskeytyskustannusten ylärajana. (Lakervi ja Partanen 2008, 44)

10.8 Kuormitusmallien laskenta

Kuormitusmallilla tarkoitetaan jonkin sähköä kuluttavan kohteen keskimääräistä kulutusjakaumaa halutun tarkastelujakson aikana. Näitä kuormitusmalleja lasketaan sähköverkkoyhtiössä, kun halutaan selvittää asiakaskohtaisia malleja tai jopa tehdä suunnitelmia sähköverkon rakentamisen varalle. (Lakervi ja Partanen 2008, 258)

Etäluettavilta mittalaitteilta saatavaa tuntitietoa voidaan hyödyntää suoraan kuormitusmalleja määriteltäessä. Verkon tehonjaon laskenta saadaan näin vastaamaan paremmin todellisuutta, kun taustalla on oikeaa mittaustietoa. (Lakervi ja Partanen 2008, 258)

10.9 Pienjänniteverkon hallinta

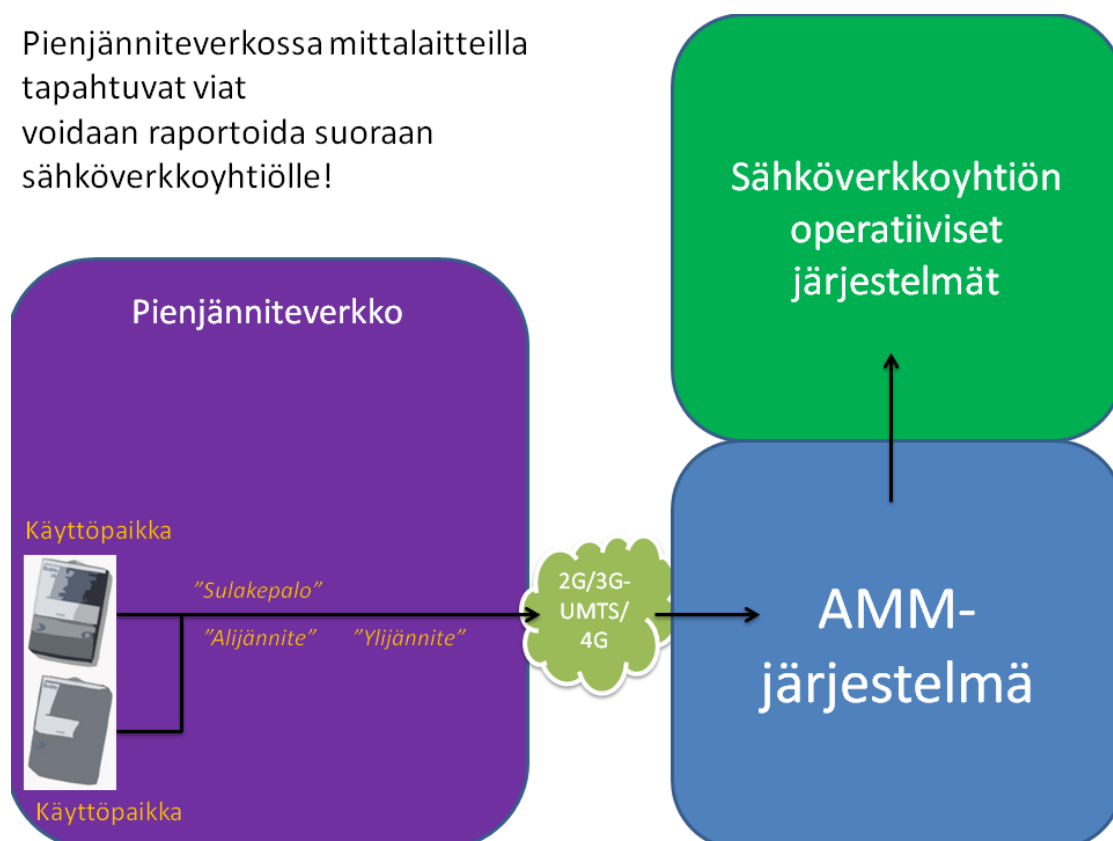
Pienjänniteverkon hallinta nykyaikaisilla älykkäillä mittalaitteilla mahdollistaa mittalaitteella tai pienjänniteverkossa olevien vikojen raportoinnin lähes reaaliajassa. Nykyaikaisen toiminnan avulla mittalaitteet raportoivat muun muassa ali- ja ylijännitteestä, nollajohdinta koskevasta viasta, sulakepalosta, mittalaitteen sisäisistä vioista tai mahdollisista asennusvirheistä. (Smolander, 2012-08-16)

Yksi yleisimmistä hälytyksen aiheuttajista on sulakepalosta tai kytkemättömästä vaiheesta aiheutuva hälytys. Esimerkiksi yhden pääsulakkeen palaminen miltä tahansa vaiheelta aiheuttaa hälytyksen mittalaitteella, jossa ilmoitetaan yhden vaiheen olevan jännitteetön. Tällöin hälytystieto mittalaitteelta lähtee sähköverkkoyhtiön järjestelmään, josta hälytyksen tyyppin perusteella asentaja saa hyvän lähtökohdan korjauskäynnille (kuva 8).

Ennen etäluettavien mittalaitteiden käyttöönottoa kaikki vastaavanlainen diagnostiikka on mielestäni ollut mahdotonta toteuttaa samalla tasolla, mitä se nyt on. Mittalaitteet eivät kommunikoineet suoraan mihinkään järjestelmään vikatilanteissa. Ne vain mittasivat sähkönkäyttöä. Nykyiset mittalait-

teet tarjoavat suuren avun vikatilanteissa raportoimalla vianlaadusta sähköverkkoyhtiölle ennen mahdollista viankorjauskäyntiä. Näin ollen ennen sähköasentajan korjauskäyntiä tiedetään, mitä vikaa ollaan menossa korjaamaan. Esimerkiksi ylijännitevika, joka voi rikkoa asiakkaan kodinkoneet tai jopa aiheuttaa hengenvaaraa. Aiemmin perinteinen vanhanmallinen mittalaite ei olisi reagoinut tähän millään tavalla. Nykyiset mittalaitteet tekevät tässä tapauksessa hälytyksen, johon reagoidaan lähettämällä asentaja kohteeseen.

Pienjänniteverkossa mittalaitteilla tapahtuvat viat voidaan raportoida suoraan sähköverkkoyhtiölle!



Kuva 8. Pienjänniteverkon vikatiedon kulku mittalaitteelta sähköverkkoyhtiön järjestelmiin.

10.10 Johtimien maakaapelointi

Sähkönjakelun laatua voidaan pyrkiä parantamaan muun muassa maakaapeloinnilla, joka on tehokain keino suojautua luonnonvoimia vastaan. Maakaapelointi suojaa hyvin esimerkiksi kaatuvien puiden varalta. Suomessa ilmajohtimet kulkevat pääosin metsissä, joten niiden luokse on vikatapauksissa hankala päästä. Viankorjausta voidaan nopeuttaa asentamalla johtimet teiden varsille. (Energiateollisuus, 2013)

Tekniikka ja talous -lehden verkkosivuilla Heikki Siljamäki kirjoittaa, että Savon Voima on aloittamassa pilottihanketta Lapinlahden alueella, jossa keskijänniteverkkoon asennetaan maakaapeleita, saneerataan sähköasemia ja parannetaan verkoston automaation tasoa. Samassa kirjoituksessa tuodaan myös selvästi esille, että maakaapelointi lisää loistehoa. Loisteho voidaan kompensoida kondensaattoreilla. (Siljamäki, 2013)

Nykyaikaiset älykkäät mittalaitteet tuovat loistehon luomaan haasteeseen selkeitä hyötyjä. Energia-teollisuuden Tuntimittaussuosituksen kohdassa 2.11 kuitenkin sanotaan, että: "Mittalaitteen tulee olla ohjelmoitavissa ja ohjelmointi tulee voida tehdä ensisijaisesti etätoimintona". Etäohjelmoitavissa olevat mittalaitteet voidaan ohjelmoida mittaamaan myös loistehoa pelkän pätötehon mittauksen ohella. Kun loistehoa voidaan mitata, niin siitä voidaan laskea myös summatiedot, jotka ovat sähköverkkoyhtiön etäluettavissa ja käytettävissä. Näitä tietoja hyödyntäen voidaan muodostaa analyysijä, joissa selvitetään kompensointia vaativia kohtia sähköverkossa. Sähköverkkoyhtiö saavuttaa selvää säästöä. (Rissanen, M. Mustaparta, J. Pirttimäki, J. Roiha, J. Ruottinen, J. Ruottinen, S. Seppälä, J. Sievi, A. Heinimäki, R. Lehtomäki, E. 2010)

11 MITTAUSTIEDON OIKEELLISUUDEN TARKASTUS

Mittalaitteilta saaduille kulutuslukemille ja tuntisarjatiedoille täytyy sähköverkkoyhtiön tehdä oikeellisuustarkistus eli validointi. Ennen validointia lukemia ei voida mielestäni sanoa sataprosenttisen varmasti oikeiksi ja laskutuskelpoisiksi.

Etäluettavalta mittalaitteelta saatujen lukemien validointi tapahtuu esimerkiksi ottamalla tietyn ajan lukema ylös ja vertaamalla sitä tietyn ajanjakson päässä olevaan lukemaan. Lukemien tarkasteluväli riippuu siitä kuinka usein lukemia toimitetaan asiakkaalle. Voidaan esimerkiksi ottaa lukema ajalta 1.1.2013 ja verrata sitä lukemaan ajalta 1.5.2013. Jotta lukema ajalta 1.5.2013 olisi validi, sen täytyy olla kertynyt loogisesti eli kulutuksen on täytynyt olla järkevällä tasolla aiempiin lukemiin nähden. Jos lukema olisi kasvanut normaalissa suorassa mittauksessa esimerkiksi 50 000 kilowattia neljän kuukauden aikana, niin herää väistämättä epäily lukeman oikeellisuudesta. Näin suuri kulutus ei voi toteutua normaalissa omakotitaloudessa neljän kuukauden aikana. Siihen tarvitaan todella suurta tehoa vaativia laitteita, kuten teollisuuden koneistoa. Lukema ei myöskään saa olla pienempi kuin neljä kuukautta aiemmin otettu lukema on. (Rissanen, M. Mustaparta, J. Pirttimäki, J. Roiha, J. Ruottinen, J. Ruottinen, S. Seppälä, J. Sievi, A. Heinimäki, R. Lehtomäki, E. 2010, 31-32)

Ylisuurten tuntitehojen tarkistamisessa käytetään hyödyksi myös sulakekokoa. Tuntimittaus-suositusten mukaan sulakekoko on yksi hyvä keino arvioida tuntitehojen oikeellisuutta, koska sulakkeen koko vaikuttaa tunneittaisen sähkönkäytön maksimiarvoon. Kun tämä maksimiarvo on tiedossa, niin tiedetään myös kuinka paljon tietynlaisilla sulakkeilla varustetuilla käyttöpaikoilla voi tunnin aikana enintään olla kulutusta. (Rissanen, M. Mustaparta, J. Pirttimäki, J. Roiha, J. Ruottinen, J. Ruottinen, S. Seppälä, J. Sievi, A. Heinimäki, R. Lehtomäki, E. 2010, 31-32)

12 KEHITYSEHDOTUKSIA TULEVAISUUTEEN

12.1 Sähköverkon kehittämisen tarkentaminen

Sähköautot tekevät tuloaan kiihtyvällä vauhdilla. Se taas tarkoittanee sitä, että sähköä tullaan käyttämään entistä enemmän kotitalouksissa ja suurimman sähkönkäytön ajankohdat voivat vaihtua täysin. Nykyään suurimmat sähkönkäyttöpiikit osunevat saunan lämmittämisen ajankohtiin, mutta jatkossa voi hyvin olla niin, että auton lataaminen lähentelee valtakunnallisella tasolla suurinta sähkönkäyttöä. Sähköverkkoyhtiötä tällaisessa tapauksessa kiinnostanee milloin suurimmat sähkönkäytön piikit tapahtuvat. Mikäli sähköautot yleistyvät nopeasti, sähköverkot voivat joutua koviin sähkönkäytön kasvaessa samanaikaisesti. Kun sähkönkäyttö kasvaa suuresti, voi sähköverkkojen kapasiteetti saavuttaa rajansa. Tällöin saatavilla oleva etäluettava mittaustieto on mielestäni avainasemassa, koska juuri mittaustieto kertoo esimerkiksi sen, milloin sähkönkäyttö on ollut poikkeuksellisen suurta. Näin sähköverkkoyhtiö voi mittaustietoon perustuen analysoida, missä päin sähköverkkoon on kannattavinta investoida.

12.2 Sähköverkot maaseudulla

Tulevaisuudessa lait tulevat hyvin luultavasti vain tiukentamaan sähköntoimituksen laatuvaatimuksia. Tähän meneessä lakiuudistukset ovat mielestäni edesauttaneet sähkönsiirron laadullista puolta parempaan suuntaan. Tästä hyvänä esimerkkinä on opinnäytetyössä esille nostettu sähkömarkkinalain uudistus, jolla pyritään parantamaan sähköntoimituksen luotettavuutta sähkönkäyttäjille. Muualta kuin asema-kaava alueella ei saa enää tulla yli 36 tuntia kestäviä sähkökatkoksia, jotka johtuvat myrskyistä tai lumikuormista. Mielestäni sähköverkkoyhtiöiden olisi hyvin tärkeää hyödyntää maaseudulla olevilta etäluettavilta mittalaitteilta saatavia katkotietoja, koska todennäköisimmin siellä lumikuormat ja myrskyt ovat kaatuilevien puiden takia suuri haaste. Sähköverkkoyhtiöt ovatkin jo yhdessä metsänomistajien ja Metsähallituksen kanssa ryhtyneet toimenpiteisiin sähköverkkojen laadun parantamiseksi.

12.3 Häviösähkön laskenta tunneittain

Opinnäytetyössä on aiemmin todettu, että etäluettavilta mittalaitteilta saa mittaustietoa esimerkiksi kumulatiivisena tuntisarjana tai keskitehosarjana mittalaitteesta riippuen. Kun kumulatiivinen tuntisarja tai keskitehosarja on saatavissa jokaiselta käyttöpaikalta sähköverkkoyhtiön sähköverkossa tunneittain, niin myös häviösähkön määrä on sähköverkosta määritettävissä tunneittain. Sähköverkkoyhtiö voisi siis raportoida häviösähkön määrän sähköverkosta ja hyödyntää tätä tietoa tunnin tarkuudella. Tarkempi häviösähkön raportointi voi hyödyttää sähköverkkoyhtiötä entistä tarkemmilla kannattavuustiedoilla. Kuvitteellisessa tilanteessa sähköverkkoyhtiö raportois häviösähkön määrää kuukausittain, mutta sen sijaan häviösähköraportointi voitaisiin toteuttaa tuntitasolla. Mielestäni tässä sähköverkkoyhtiö voisi hyötyä tarkemmalla raportoinnilla. Jos sähköverkkoyhtiöllä olisi saatavissa jopa tuntisarjan rinnalle vertailuksi asetettava häviösähköstä koostettu tuntisarja, sähköverkkoyhtiöllä olisi tällöin erittäin tarkka häviösähkölaskelma, jota voisi verrata mitattuun käytetyn sähköenergi-

an määrään tunneittain. Tunneittain laskettua tarkempaa häviösähkötietoa voitaisiin hyödyntää esimerkiksi selvitetessä sähkönsiirron kannattavuutta.

12.4 Pientuottajakohteet tulevaisuudessa

Opinnäytetyössäni on kerrottu sähkömarkkinoiden avaamisesta ja siitä, että se on mahdollistanut muun muassa yksityisen sähkönkäyttäjän itse tuottaman sähkön myynnin takaisin sähköverkkoon päin. Mielestäni tässä on sähköverkkoyhtiöillä herätyksen paikka. Jos pientuottajakohteita eli yksityisiä sähköntuottajia alkaa tulevaisuudessa olla sähköverkossa enemmän ja enemmän, niin tästä on jatkoseurauksena tietysti suurempi itse tuotetun sähkön määrä sähköverkossa. Tämän itse tuotetun sähkön laatua halutaan varmasti seurata, sillä pientuotanto voidaan tehdä usein vaihtelevan laatuilla laitteilla. Voi olla olemassa aurinkopaneeleita tai muita laitteita, joiden valmistusmaa ja laatu voi vaihdella. Usean eri valmistajan sähköntuottolaitteet voivat hyvinkin siirtää sähköverkkoon vaihtelevan laatuista sähköä. Sähköverkkoyhtiöt haluavat varmastikin seurata itse tuotetun sähkön laatua silloin, kun itse tuotettua sähköä alkaa olla merkittäviä määriä. Tätä itse tuotetun sähkön määrää voidaan jo tällä hetkellä mitata, mutta laadun mittaaminen on eri asia. Etäluettavat sähkönlaatumittalaitteet voisivat olla hyvä idea, kun halutaan mitata tarkasti sähkön laatua. Tätä mittaustietoa voidaan taas analysoida ja hyötyä siitä. Sähköverkossa voi olla joitakin kriittisiä alueita, joita sähköverkkoyhtiö voi haluta analysoida ensisijaisesti ja välttää näin mahdollisia vaurioita sähköverkossa. Etäluettavilta mittalaitteilta saatavan sähkön laatutiedon analysointi voisi paljastaa huonolaatuista sähköä tuottavia kohteita ja näin niihin osattaisiin reagoida ajoissa. Tässä tapauksessa sähköverkkoyhtiö hyötyisi riskienhallinnan näkökulmasta, sillä mittaustiedon analysointi voi säästää suuremmalta vauriolta sähköverkossa.

13 POHDINTA

Opinnäytetyössäni esille nousseet asiat ovat sähköverkkoyhtiöille tärkeitä raportoinnin ja analysoinnin kohteita. Kaikissa käsitellyissä aiheissa on erityisen tärkeää saada mittalaitteelta mittaustietoa ja raportoida ja analysoida sitä mahdollisimman monipuolisesti. Mittaustiedon tarkemmalla hyödyntämisellä sähköverkkoyhtiöt voivat mielestäni saavuttaa huomattavia kustannussäästöjä. Hyvänä esimerkkinä raportoinnin ja analysoinnin tarpeellisuuden näkökulmasta pidän sähkönsiirron kannattavuutta, jossa yhtenä ideana on saada selville edullisin aika hankkia häviösähköä. Häviösähkön hankinta on sähköverkkoyhtiön vastuulla ja sitä syntyy sähköverkossa väistämättä. Tästä syystä sähköverkossa haluttanee suorittaa mittauksia tarkoituksen mukaisissa paikoissa, joka mahdollistaa laajemman mittaustiedolla tehtävän raportoinnin ja analysoinnin. Tarkentunut häviösähkön laskenta edesauttaa mielestäni tarkempaa häviösähkön hankintaa.

Opinnäytetyössä tutkittujen sähköverkkoyhtiön tarpeiden perusteella näen tärkeänä asiana etäluettavan tunneittaisen mittaustiedon yhdistämisen raportoinnin ja analysoinnin menetelmien kehittämiseen. Jatkuva raportoinnin ja analysoinnin menetelmien kehittäminen on mielestäni erittäin hyvä tapa tehostaa sähköverkkoyhtiön toimintaa, palveluiden laatua, sähköverkon laatua sekä sähkötoimittamisen laatua loppuasiakkaalle.

Opinnäytetyön tekeminen oli minulle todella iso prosessi. Ainoana haasteena ei ollut tehdä opinnäytetyötä työnteon yhteydessä, vaan itse aihepiiri oli minulle opinnäytetyön alkuvaiheilla erittäin tuntematon. Opinnäytetyöni on saanut koko ajan uusia ideoita viimeisen reilun vuoden aikana, kun olen tehnyt töitä etäluettavien mittalaitteiden parissa. Hankalinta opinnäytetyön aiheessa oli sähköverkkoyhtiön toimintojen ymmärtäminen ja sen tarpeiden käsittäminen. Toki ymmärsin, että sähköverkkoyhtiö toimittaa sähköä loppuasiakkailleen ja käytetyn sähkön määrää mitataan, mutta se ei ole lähelläkään kaikki. Täytyy myös osata hyödyntää saatavilla olevaa tietoa mahdollisimman monipuolisesti. Opinnäytetyötä tehdessä opin itse jatkuvasti uutta mittaustiedon hyödyntämisestä ja tämän takia pidänkin opinnäytetyön tekemistä erittäin tärkeänä osana tämänhetkistä työtäni. Väitän, että opinnäytetyön takia olen kehittynyt mittaustietojen kanssa työskentelyssä ja pystyn käsittämään mittaustiedon tärkeyden paljon aiempaa paremmin.

LÄHTEET

Energiamarkkinavirasto: Internet-julkaisu. Energiamarkkinavirasto 2013. Sähkötöiden avaaminen. [Viitattu 2012-07-11]. Saatavissa: <http://www.energiamarkkinavirasto.fi/alasivu.asp?gid=38&languageid=246>

Energiamarkkinavirasto: Internet-julkaisu. energiamarkkinavirasto 2013. Määräys sähköverkkotoiminnan tunnusluvuista ja niiden julkaisemisesta. [Viitattu 2012-10-10]. Saatavissa: http://www.energiamarkkinavirasto.fi/files/M%C3%A4%C3%A4r%C3%A4ys_s%C3%A4hk%C3%B6verkkotoiminnan_tunnuslukujen_julkaisemisesta2011.pdf

Energiatoteellisuus: Internet-julkaisu. Energiatoteellisuus. Verkkoyhtiöt haluavat eroon pitkistä sähkökatkoista. [Viitattu 2013-04-03]. Saatavissa: <http://energia.fi/sahkomarkkinat/sahkoverkko/sahkokatkot-ja-jakelun-keskeytykset/tavoite-sahkoverkkojen-uudistamisesta>

JÄRVENTAUSTA, Pertti. MÄKINEN, Antti. NIKANDER, Ari. KIVIKKO, Kimmo. PARTANEN, Jarmo. LASSILA, Jukka. VILJAINEN, Satu. HONKAPURO, Samuli. Energiamarkkinavirasto 2003. Sähkön laatu jakeluverkkotoiminnan arvioinnissa. [Viitattu 2013-10-24]. Saatavissa: http://www.emvi.fi/files/Sahkon_laatu_TTY-LTY_1-2003.pdf

LAKERVI, Erkki. PARTANEN, Jarmo. 2008. Sähkönjakelutekniikka. Otatieto, Helsinki 2008.

LEHTO, Ina. Tuntimittauskoulutus. 2013. Energiatoteellisuus ja Adato Energia Oy. [Koulutusmateriaali 2013-09-11].

RISSANEN, M. MUSTAPARTA, J. PIRTTIMÄKI, J. ROIHA, J. RUOTTINEN, J. RUOTTINEN, S. SEPPÄLÄ, J. SIEVI, A. HEINIMÄKI, R. LEHTOMÄKI, E. 2010. Tuntimittauksen periaatteita 2010. [Viitattu 2012-08-02]. Saatavissa: http://energia.fi/sites/default/files/dokumentit/sahkomarkkinat/Sanomaliikenne/tuntimittausuositus_2010_linkit_paivitetty.pdf

SEPPÄLÄ, Joel. Tuntimittauskoulutus. 2013. Energiatoteellisuus ja Adato. [Koulutusmateriaali 2013-09-11].

SILJAMÄKI, Heikki. 2013-05-02. Loisteho lisääntyy - Savossa taklataan maaseudun maakaapeloinnin nurjaa puolta. Tekniikka & Talous. [viitattu 2013-09-18]. Saatavissa: <http://www.tekniikkatalous.fi/energia/loisteho+lisaantyy++savossa+taklataan+maaseudun+maakaapeloinnin+nurjaa+puolta/a898855?s=u&wtm=tt-02052013>

SMOLANDER, Harri 2012-08-16. Senior Specialist. [Opinnäytetyöpalaveri.] Kuopio: Enfo

SÄHKÖMARKKINALAKI. L 588/2013. Finlex. Lainsäädäntö. [viitattu 2013-25-08]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130588>

Työ- ja elinkeinoministeriö: Internet-julkaisu, Työ- ja elinkeinoministeriö 2013. [Viitattu 2013-10-01].
Saatavissa: http://www.tem.fi/index.phtml?94011_m=94054&s=3117